

RECUPERACIÓN Y ANÁLISIS DE LA SERIE DE TEMPERATURA DIARIA DE BARCELONA, 1780-2011

Marc PROHOM DURAN¹, Mariano BARRIENDOS VALLVÉ²,

Enric AGUILAR ANFRONS³, Ricard RIPOLL PI¹

¹*Equip de Canvi Climàtic, Àrea de Climatologia. Servei Meteorològic de Catalunya*

²*Departament d'Història Moderna, Universitat de Barcelona*

³*Centre en Canvi Climàtic (C3). Universitat Rovira i Virgili, Tarragona*

mprohom@meteo.cat

RESUMEN

Se presentan los resultados del proceso de recuperación y tratamiento de la serie meteorológica instrumental diaria de temperatura más larga y completa de la península Ibérica, la correspondiente a la ciudad de Barcelona, iniciada en enero de 1780. En primer lugar se detalla el proceso de localización de los datos, dispersos en diferentes archivos y repositorios documentales, los cuales han sido tratados digitalmente para su preservación y manipulación. La amplia cobertura temporal de la serie introduce necesariamente elementos que perturban su homogeneidad, a saber, cambios de localización, en los métodos de observación, en las unidades de medida, etc. Por ello se ha sometido la serie a un control de calidad y análisis de homogeneidad necesario para corregir estos sesgos no naturales. En este punto, se detalla el proceso utilizado para el cálculo del dato diario, para la construcción de la serie definitiva, y para la detección de los puntos de ruptura y su posterior corrección (metodología HOMER). Finalmente, se muestran los resultados del análisis de tendencias de la temperatura anual y estacional.

Palabras clave: Serie instrumental, temperatura, Barcelona, homogeneidad, variabilidad climática.

ABSTRACT

In this work, the results of the data rescue process and treatment of the daily instrumental temperature series of Barcelona (1780-2011), the most long and complete of the Iberian Peninsula, are shown. Firstly, the identification and digitization procedure of the original documentary sources containing this data is described, pointing out the wide range of archives and type of documents in which this data has been preserved. The temporal extension of the series introduces elements that affect its homogeneity, namely, location changes, changes in location, observation methods, units, etc. As a consequence, the temperature series has been analysed for quality and homogeneity, in order to detect inhomogeneities and correct these artificial biases. At this point, the methodology used for the calculation of the daily value, for the construction of the eventual series, and for the break point detection and correction is widely described (HOMER method). Finally, the results of the reconstructed temperature series are shown, indicating some yearly and seasonal trends.

Key words: Instrumental series, temperature, Barcelona, homogeneity, climatic variability.

1. INTRODUCCIÓN

La limitada disponibilidad de registros climáticos instrumentales de alta resolución temporal y de calidad supone un freno para reproducir con fiabilidad la evolución climática reciente. No obstante, estos registros son básicos para comprender la variabilidad y el cambio climático presente y predecir su evolución futura. En los últimos años se han llevado a cabo diversas iniciativas encaminadas a la recuperación de datos instrumentales, tales como MEDARE (Mediterranean Data REScue) auspiciada por la Organización Meteorológica Mundial o ACRE (Atmospheric Circulation Reconstruction over the Earth) (Brunet and Jones, 2011). La península Ibérica, dispone de largos registros climáticos instrumentales, desde inicios del siglo XIX, aunque a menudo no muy continuos. En este artículo, se muestran los trabajos que han permitido la identificación, recuperación y tratamiento de la serie climática de temperatura diaria de la ciudad de Barcelona (1780-2011), actualmente la más larga y continua de la Península disponible.

2. IDENTIFICACIÓN Y RECUPERACIÓN DE LOS DATOS

El convulso contexto histórico que ha acompañado tradicionalmente la toma de observaciones meteorológicas en Barcelona, tiene su manifestación en la forma en que han llegado éstas hasta nuestros días. La recuperación de los registros meteorológicos de la ciudad supone una auténtica carrera de obstáculos, puesto que necesita de la consulta de diversos archivos documentales (públicos y privados) y de diversos formatos (manuscritos, memorias impresas, publicaciones periódicas). En la tabla 1 se dan detalles sobre ello. Afortunadamente, y gracias a sendos proyectos de financiación europea (IMPROVE y ADVICE) de finales de la década de 1990, parte del proceso de recuperación de los datos ya se había abordado, aunque no para todas las variables observadas (Rodríguez *et al.*, 2001). Durante más de tres años (2008-2011) el Servei Meteorològic de Catalunya junto con el Departamento de Historia Moderna de la Universitat de Barcelona, retomó el trabajo, completando la digitalización ya realizada con la inclusión de otras variables, cubriendo algunos huecos e incorporando otras series disponibles en la propia ciudad y que no habían sido localizadas hasta entonces.

Como es fácil comprender, la digitalización topó con algunas dificultades debidas, en buena medida, a la longitud del período y a la amplia gama de puntos de observación. Entre ellas los cambios en las unidades de medida, y en el número y frecuencia de las observaciones diarias se cuentan entre las más dramáticas. Todos estos aspectos, junto con los cambios de ubicación de los diferentes puntos de observación, quedaron reflejados en el metadato que se fue completando a medida que se iba avanzando con la digitalización.

Período	Lugar de observación	Archivo	Tipo de fuente
1780-1827	C/ Petritxol	ARAMC	Manuscritos
1827-1854	C/ Llibreteria	AHCB	Diario de Barcelona
1854-1876	C/ del Carme	AHCB	Diario de Barcelona
1848-1869	C/ Sant Pau	ARACAB	Manuscritos
1855-1864	C/ del Carme	AHUB	Manuscritos
1869-1874	C/ de Canuda	ARACAB	Manuscritos
1876-1885	C/ Zurbano	AHCB	Diario de Barcelona
1881-1885	Probablemente Rambla	ARACAB	Manuscritos

Período	Lugar de observación	Archivo	Tipo de fuente
1882-1936	Pl. Universitat	FHSMC y BC	Manuscritos y prensa
1936-1970	Travessera de Dalt	BND Aemet	Digital
1970-1984	Drassanes	BND Aemet	Digital
1984-1989	C. Roure	BND Aemet	Digital
1987-2011	C. Can Bruixa	BND Aemet	Digital
1913-2011	Observatori Fabra	ARACAB	Manuscritos y boletines

TABLA 1: Localización y tipología de las fuentes documentales con registros climáticos de Barcelona.. (ARAMC, Arxiu de la Reial Acadèmia de Medicina de Catalunya / AHCB, Arxiu Històric de la Ciutat de Barcelona / ARACAB, Arxiu de la Reial Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona / AHUB, Arxiu Històric de la Universitat de Barcelona / FHSMC, Fons Històric del Servei Meteorològic de Catalunya / BC, Biblioteca de Catalunya / BND Aemet, Banco Nacional de Datos de la Agencia Estatal de Meteorología).

3. ANÁLISIS DE LA SERIE DIARIA DE TEMPERATURA

A pesar que el proceso de recuperación de los registros meteorológicos incluyó la totalidad de las variables observadas, se presentan aquí los trabajos llevados a término para obtener la serie climática de temperatura media de Barcelona (1780-2011).

3.1. Uniformización del cálculo del dato diario

Como ya se ha apuntado, un paso previo ineludible al control de calidad y al análisis de homogeneidad, supuso la uniformización de la variable temperatura media diaria, es decir, cómo calcularla. En la tabla 2 se muestran las diferentes tipologías o modalidades para la medida de la temperatura en los diferentes observatorios barceloneses. Se puede observar como no es hasta 1886 cuando se dispone, de manera estable, de la observación de la temperatura máxima y mínima diaria, y con anterioridad a esa fecha se goza de una amalgama de observaciones horarias realizadas en diferentes momentos del día, aunque siempre con disponibilidad de, al menos, tres observaciones: por la mañana (6 o 7h), al mediodía (13-14-15h) y por la noche/atardecer (18h, 20h o 22h). Por todo ello, la metodología para la obtención de un dato medio diario no es un aspecto trivial y podría comportar un efecto sobre la homogeneidad de la serie. La solución adoptada fue la media de las tres observaciones diarias hasta 1885 y la semisuma de la temperatura máxima y mínima con posterioridad a esa fecha. Al mismo tiempo, también debe ponerse de manifiesto la presencia de tres diferentes unidades de medida de la temperatura, que finalmente fueron convertidas y uniformizadas a grados Celsius.

Período	Lugar de observación	Temperatura del aire seco									Tx	Tn	Ud
		06h	07h	09h	13h	14h	15h	18h	20h	22h			
1780-1827	C/ Petritxol		X			X				X			R
1827-1854	C/ Llibreteria		X			X				X			R
1854-1876	C/ del Carme		X			X				X			R
1848-1869	C/ Sant Pau	X				X			X				R
1869-1874	C/ de Canuda	X				X			X				R
1855-1864	Antigua Universidad			X			X				X	X	F/C

Periodo	Lugar de observación	Temperatura del aire seco										Tx	Tn	Ud
		06h	07h	09h	13h	14h	15h	18h	20h	22h				
1876-1885	C/ Zurbano		X			X				X				C
1881-1885	Probabl. Rambla										X	X		C
1882-1885	Universidad de BCN						X				X	X		C
1886-1920	Universidad de BCN			X			X				X	X		C
1920-1936	Universidad de BCN			X			X	X			X	X		C
1936-1970	Travessera de Dalt		X		X			X			X	X		C
1970-1984	Drassanes		X		X			X			X	X		C
1984-1989	C/ Roure		X		X			X			X	X		C
1987-2011	C/ Can Bruixa		X								X	X		C
1913-1981	Observatori Fabra		X								X	X		C
1982-2011	Observatori Fabra		X		X			X			X	X		C

TABLA 2: Disponibilidad de observaciones diarias de temperatura en los diferentes puntos de observación de Barcelona (1780-2011), indicando horas, variable y unidades de medida. (Tx, Temperatura máxima / Tn, Temperatura mínima / Ud, unidades de medida de la temperatura: R, grados Reaumur; F, grados Fahrenheit y C, grados Celsius).

3.2. Control de calidad

El control de calidad de los datos disponibles es un paso esencial que debe tratarse antes de cualquier análisis posterior. Este proceso consiste en un conjunto de pruebas jerarquizadas que tienen por objetivo detectar errores no sistemáticos y que pueden alterar la interpretación posterior de los datos. Estas pruebas se clasifican en los siguientes niveles y se han basado en las directrices sugeridas por Brunet *et al.* (2008) y algunas mejoras introducidas por los autores:

- Control de fechas duplicadas.
- Control de grandes errores o valores fuera del rango climático ($45^{\circ}\text{C} > T < -15^{\circ}\text{C}$).
- Controles de coherencia interna:
 - $T_x \geq T_n$ y $T_x \geq T_h \leq T_n$, siendo Tx, temperatura máxima, Tn, temperatura mínima y Th, temperatura horaria.
 - Control de saltos excesivos entre dos lecturas temporalmente consecutivas ($\geq 20^{\circ}\text{C}$).
 - Control “flatline” para detectar más de tres días consecutivos con un mismo valor. En este caso se conserva como válida la primera observación y se invalida el resto.
 - Control de tolerancia: identificación de valores fuera de rango, definidos como aquéllos que superan el umbral fijado por 4 veces la desviación estándar y tres veces el rango intercuartílico, valores obtenidos a escala mensual.

Fruto del análisis de calidad, se detectaron un conjunto de valores erróneos o dudosos consecuencia de errores en el momento de realizar la observación, en el momento de anotarla o digitalizarla, o también en la manipulación posterior de los datos. El control de calidad proporciona también gráficos detallados (Figura 1) de los datos meteorológicos diarios (temperatura máxima, temperatura mínima y amplitud térmica), así como de los subdiarios (temperaturas horarias).

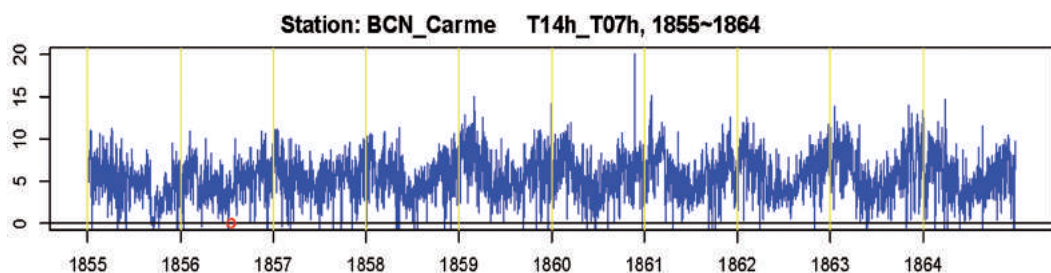


FIG. 1: Muestra gráfica de uno de los controles de calidad de coherencia interna: saltos excesivos entre dos observaciones de temperatura consecutivas. A finales de 1860 se aprecia una diferencia de 20°C entre la observación realizada a las 07h y la realizada a las 14h, y por ello se etiqueta como valor dudoso y que debe ser contrastado con las fuentes originales.

De los 443.166 registros de temperatura tratados para el período 1780-2012, sólo 3.023 se correspondieron con vacíos o datos erróneos, es decir, un 0,682% del total, la mayor parte de ellos localizados durante el período 1847-1849. Los motivos son de índole histórica y se asocian a los conflictos sociales derivados de la Segunda Guerra Carlista y de las tensiones políticas de una ciudad industrializada, que causaron dificultades para la observación meteorológica y su publicación en el Diario de Barcelona, por lo que durante diversos días se repitieron los mismos valores de temperatura.

3.3. Composición de la serie de temperatura

Una vez analizada la calidad de los datos, el siguiente paso consistió en componer la serie definitiva de temperatura. Al no poder disponer de un único punto u observatorio desde el cual se realizasen las observaciones durante todo el período, la serie debe construirse a partir de los diferentes tramos disponibles. La figura 2 muestra la localización de los diferentes observatorios barceloneses cuyos datos han sido tratados, así como su cobertura temporal, mientras que la figura 3 muestra el cronograma de la serie de temperatura definitiva compuesta por los diferentes tramos.

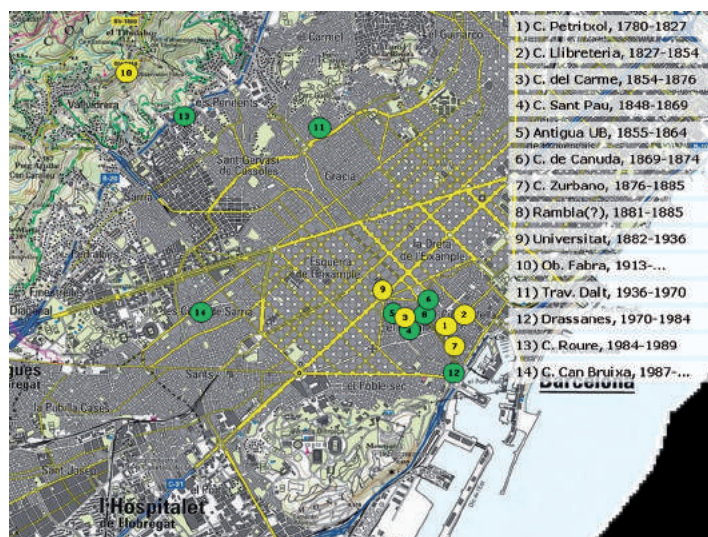


FIG. 2: Localización geográfica de los puntos de observación meteorológica (los círculos con tonalidades más claras corresponden a los puntos cuyas observaciones componen la serie definitiva de Barcelona).

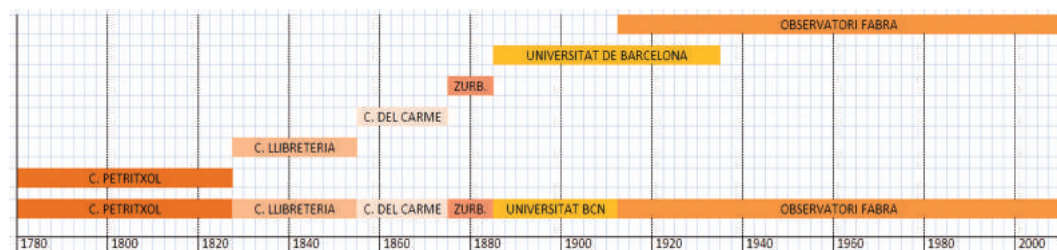


FIG. 3: Cronograma con la composición de la serie definitiva de Barcelona.

3.4. Análisis de homogeneidad

La longitud de la serie de Barcelona y los evidentes cambios de ubicación, hace necesario más que nunca un análisis de homogeneidad. Una serie es homogénea cuando toda la variabilidad y el cambio presentes en ella está relacionada únicamente con la deriva del clima, y no es consecuencia de otros elementos externos y artificiales que la pueden haber perturbado (cambios de emplazamiento, de instrumental, de métodos de observación, etc.) (Aguilar *et al.*, 2003). Entre los métodos que analizan la homogeneidad de series climáticas, los más fiables son los métodos de homogeneización relativa, es decir, un conjunto de series coetáneas que comparten la misma señal climática se comparan para detectar y ajustar puntos de inhomogeneidad, permitiendo un correcto análisis posterior. Para este trabajo, se han considerado las aportaciones de la recientemente terminada acción COST-ES0601 (*Advances in Homogenisation methods of climate series: an integrated approach, HOME*), que ha trabajado en la determinación de las metodologías más precisas, tanto para la detección como para el ajuste de inhomogeneidades (Venema *et al.*, 2011). El método resultante, HOMER, se basa en el modelo descrito por Caussinus y Mestre (2004) que asume que cada uno de los valores de las series que forman el conjunto a homogeneizar puede ser descompuesto en un efecto climático, común a todas ellas, y un efecto de estación, constante en caso de serie homogénea, variable en el tiempo en caso de serie inhomogénea. La aproximación tradicional, llamada PRODIGE, comparaba las series de forma emparejada (pairwise) con el fin de detectar el número y posición (Caussinus y Lyazhri, 1997) de los puntos de cambio. HOMER añade, gracias a la incorporación del algoritmo descrito por Picard *et al.* (2011), la posibilidad de realizar la detección simultáneamente en el conjunto de series. Ambas técnicas se superponen y se ayudan, en el caso de la temperatura, del método de detección ACMANT (Domonkos, 2011). Tras el proceso, la consulta del metadato permite introducir/eliminar puntos de cambio que pueden surgir como artificio estadístico. El ajuste se realiza mediante el uso de los coeficientes del modelo utilizado en la detección conjunta.

3.4.a. SERIES DE REFERENCIA

Tal y como se ha descrito, HOMER es un método de homogeneidad relativa, es decir, necesita series de referencia que pongan a prueba a nuestra serie candidata (Barcelona). Por ello, estas series deben tener una cobertura temporal lo suficientemente amplia y localizarse en un entorno climático similar al de Barcelona. La figura 4 muestra las series climáticas seleccionadas: en un primer nivel se indica las diferentes series barcelonesas disponibles que cubren algunos períodos de manera parcial, mientras que en un segundo nivel están las series identificadas y disponibles en el entorno próximo y con una longitud lo suficientemente amplia. Se puede concluir que para el período 1840 hasta el presente se dispone de una buena densidad de series de referencia, y con una buena

correlación, mientras que esta disponibilidad va decreciendo a medida que nos acercamos al inicio de la serie, por lo que hay que recurrir a series más alejadas. Debe indicarse que las series de referencia son series originales, es decir, sin haber sido sometidas a una homogeneización previa. Durante el proceso propuesto por HOMER, todas las series se homogeneizan conjuntamente.

3.4.b. DETECCIÓN DE LOS PUNTOS DE RUPTURA Y AJUSTE

Una vez seleccionadas todas las series, la aplicación de HOMER detecta un conjunto de puntos de ruptura en cada una de ellas (hay que remarcar que la detección se aplica a las series originales y no homogeneizadas previamente). La detección se realiza a partir de las series a resolución anual y estacional, mientras que el ajuste se aborda a escala mensual.

Para la serie compuesta de Barcelona, se detectaron once puntos de inhomogeneidad (figura 5), buena parte de ellos coincidentes con una señal en nuestro metadato: cambios de ubicación (1826, 1854, 1866, 1876, 1881 y 1913), cambio de abrigo meteorológico (1892) y cambio en la metodología de observación y abrigo meteorológico (1982). Sólo existen tres momentos sin una clara referencia en el metadato. Se puede concluir pues que HOMER detecta con precisión potenciales puntos de cambio o ruptura, y estos se ven corroborados por la información registrada en el metadato.

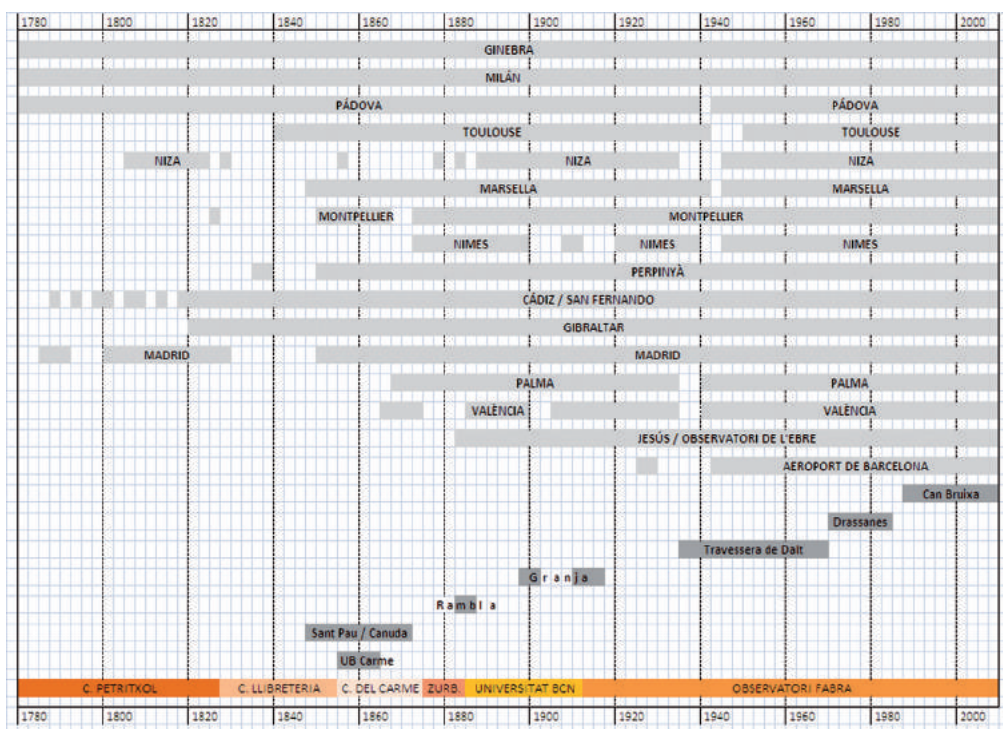


FIG. 4: Cronograma con las series de referencia seleccionadas para el análisis de homogeneidad de la serie de Barcelona.

3.4.c. AJUSTE

Una vez detectados los puntos de salto estos deben ser corregidos. Según el método HOMER, el ajuste se realiza por medio de un modelo ANOVA de dos factores. Se basa en la premisa que las series

de temperatura que pertenecen a una misma región climática están más o menos afectadas por las mismas condiciones climáticas en un momento dado. Esta condición es realista cuando se considera observaciones mensuales y anuales a escala regional. Para el cálculo de los factores de ajuste, aquellas series con una mayor correlación ($p > 0.7$) tendrán un mayor peso, y se requerirá un mínimo de siete series disponibles para cada segmento no homogéneo. También durante esta fase se procede al relleno de las posibles lagunas en la serie original. Los detalles sobre el método de corrección se discuten en Caussinus y Mestre (2004) y actualmente es considerado de los más eficientes entre los métodos de homogeneidad relativa (Venema *et al.*, 2012).

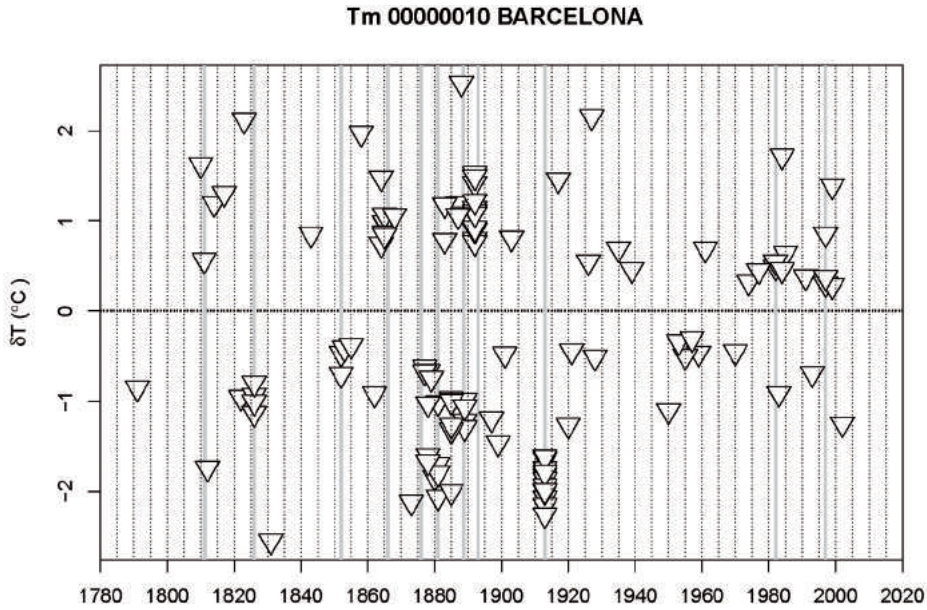


FIG. 5: Gráfico resultante de la aplicación del método HOMER a la serie de temperatura media anual de Barcelona, durante la fase de detección de inhomogeneidades. Cada triángulo invertido indica un punto de ruptura resultante de la comparativa de la serie de Barcelona con cada una de las series de referencia. Una mayor concentración de triángulos entorno a una misma fecha se asocia a un potencial punto de ruptura. Finalmente, se han identificado 11 puntos de ruptura marcados con franjas verticales en gris y que han sido confirmados en buena medida por el metadato disponible.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La serie de temperatura media de Barcelona una vez corregida (figura 6) muestra una tendencia positiva, y estadísticamente significativa según el test de Mann-Kendall, de $+0,07^{\circ}\text{C}/\text{década}$ (siendo los intervalos de confianza para el 95% de $+0,06/+0,08^{\circ}\text{C}/\text{década}$) desde 1780 hasta 2011, es decir, un incremento global de 1.6°C . Globalmente, la estación estival presenta un aumento más pronunciado ($+0,09^{\circ}\text{C}/\text{década}$), mientras que invierno es la que muestra un incremento menor ($+0,05^{\circ}\text{C}/\text{década}$). Se detectan también períodos conocidos con temperaturas anormalmente frías, como los efectos del mínimo solar de Dalton y la erupción del volcán Tambora, alrededor de la década de 1810, o el enfriamiento posterior a la erupción del Krakatoa en 1883. Los resultados obtenidos reproducen comportamientos similares a los experimentados por series espacialmente próximas (costa mediterránea francesa) y homogeneizadas mediante otras metodologías (Boehm *et*

al., 2009) u otras más alejadas, como la serie de temperatura del Centro de Inglaterra (Parker *et al.*, 1992).

A pesar de los convincentes resultados, cabe indicar la escasa disponibilidad de registros climáticamente próximos para el período inicial y anterior a 1840 (figura 4). Ello comporta cierta incertidumbre en la corrección de este período que sería sin duda subsanado con la identificación y recuperación de nuevas series climáticas en el mediterráneo peninsular y francés, tales como los de la ciudad de Perpinyà que ya están siendo digitalizados en la actualidad por el Servei Meteorològic de Catalunya. Por ello, resulta básica la investigación encaminada a detectar nuevas fuentes instrumentales para mejorar los resultados.

Igualmente, la disponibilidad de registros diarios para Barcelona ya digitalizados, y cubriendo otras variables tales como nubosidad, presión atmosférica, meteoros o precipitación, abren una inmediata línea de investigación encaminada a poder abarcar el análisis de fenómenos de baja recurrencia y completar así la visión del clima de la ciudad y su evolución.

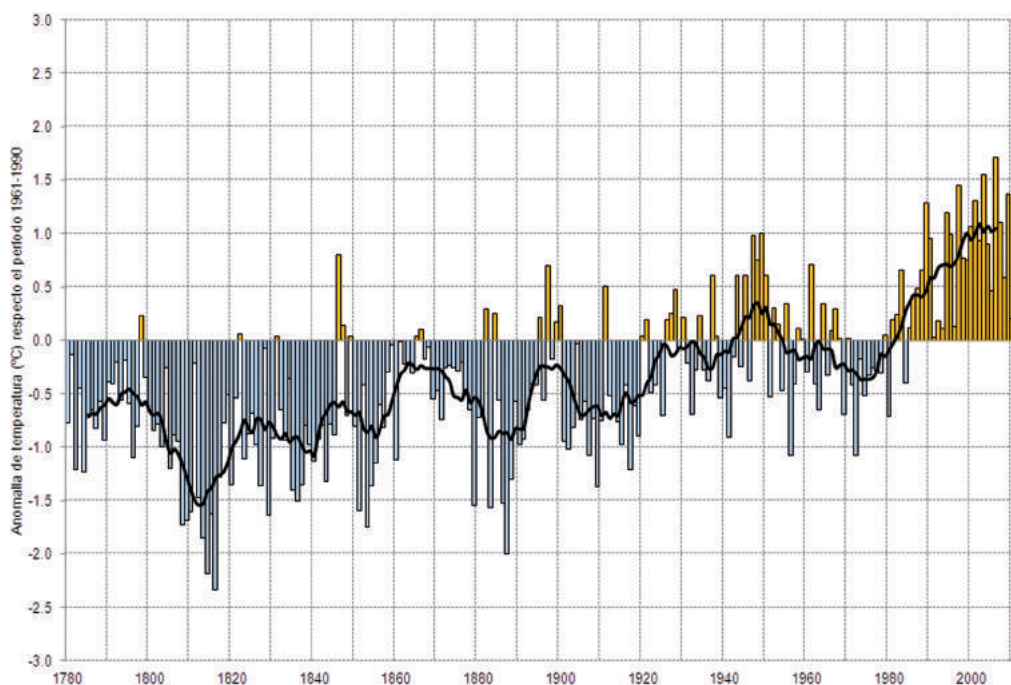


FIG. 6: Gráfico de la temperatura media anual de Barcelona (1780-2011) expresado como anomalías respecto al período de referencia 1961-1990.

La curva negra corresponde a una media móvil de 11 años de período.

5. CONCLUSIONES

La posibilidad de disponer de registros instrumentales lo más amplios y continuos posibles es un elemento clave para el análisis de la variabilidad y el cambio climático reciente. Diferentes instituciones y personajes ilustrados de Barcelona fueron sensibles ya desde finales del siglo dieciocho a la utilidad y necesidad de disponer de observaciones meteorológicas y este mismo sentimiento ha pervivido hasta la actualidad. Gracias a ello, la ciudad dispone de un respetable número de observaciones, con una excelente cobertura temporal, sin apenas vacíos, que la erigen, en estos

momentos, como la serie climática más amplia y continua de la península. Gracias al impulso de diferentes grupos de investigación se ha podido rescatar la información meteorológica de los archivos y ponerlos a disposición de la comunidad científica para su análisis. Tras una larga y pesada fase de digitalización, que ha afectado a la totalidad de las variables observadas, el siguiente paso ha comportado el análisis de calidad y homogeneidad de la serie de temperatura. El control de calidad ha sido aplicado a los datos diarios, detectando un relativamente escaso número de datos dudosos o erróneos, ligados al proceso de digitalización y a errores en la fuente documental original. Posteriormente, la serie convertida ya a media mensual ha sido sometida a un análisis de homogeneidad para la detección de puntos de ruptura y posterior ajuste de la serie, para el cual se ha requerido de un número de series de apoyo, climáticamente próximas. No obstante, la longitud de la serie de Barcelona limita la disponibilidad de registros coetáneos, en especial durante el período más pretérito (1780-1840), y con ello la fiabilidad de la corrección. A pesar de ello, la serie de temperatura de Barcelona una vez homogeneizada muestra un comportamiento en consonancia con otras series de latitudes similares, tanto por su evolución como por la periodicidad de los ciclos e intensidad de las anomalías térmicas. En futuros trabajos se abordará el análisis de homogeneidad de la serie diaria de temperatura con diversas metodologías como las sugeridas por Vincent *et al.*, 2002 o el método SPLIDHOM (Della-Marta y Wanner, 2006; Mestre *et al.*, 2011), así como el análisis del resto de variables ya digitalizadas.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Sylvie Jordain (Météo-France), Dennis Wheeler (University of Sunderland), Reinhard Böhm y Manfred Ganekind (Central Institute for Meteorology and Geodynamics, Austria) y Phil D. Jones (Climate Research Unit, University of East Anglia) la cesión de diversas series de temperatura sin las cuales hubiera sido imposible la realización del trabajo.

REFERENCIAS

- Aguilar, E.; Auer, I.; Brunet, M.; Peterson, T. C., y Wieringa, J. (2003): Guidelines on climate metadata and homogenization. World Meteorological Organization, WMO-TD No. 1186, WCDMP No. 53, Geneva, Switzerland, p. 55.
- Brunet, M. y Jones, P.D. (2011): Data rescue initiatives: bringing historical climate data into 21st century. *Climate Research*, 47, pp. 29-40.
- Böhm, R.; Auer, I.; Schöner, W.; Ganekind, M.; Gruber, C.; Jurkovic, A.; Orlik, A. y Ungersböck, M. (2009): Eine neue Webseite mit instrumentellen Qualitäts-Klimadaten für den Grossraum Alpen zurück bis 1760. *Wiener Mitteilungen Band*, 216. Hochwässer: Bemessung, Risikoanalyse und Vorhersage, pp. 7-20. (<http://www.zamg.ac.at/histalp/index.html>).
- Caussinus, H. y Lyazrhiu, F. (1997): Choosing a linear model with a random number of change-points and outliers. *Ann. Inst. Statist. Math.*, 49 (4), pp. 761-765.
- Caussinus H. y Mestre O. (2004): Detection and correction of artificial shifts in climate series. *Appl. Statist.*, 53, parte 3, pp. 405-425.
- Della-Marta, P. M. y H. Wanner, (2006): A method of homogenizing the extremes and mean of daily temperature measurements. *J. Climate*, 19, pp. 4179-4197.
- Domonkos, P. (2011): Adapted Caussinus-Mestre Algorithm for homogenising networks of temperature series (ACMANT), *Int. J. Geosci.*, 2, pp. 293-309.
- Mestre, O.; Gruber, C.; Prieur, C.; Caussinus, H. y Jourdain, S. (2011): SPLIDHOM: A method for homogenization of daily temperature observations. *J. Appl. Meteor. Climatol.*, 50, pp. 2343-2358.

- Parker, D.E.; T.P. Legg y C.K. Folland (1992): A new daily Central England Temperature Series, 1772-1991. *Int. J. Clim.*, 12, pp. 317-342.
- Picard, F.; Hoebeke, M.; Rigai, G.; Thiam, B. y Robin, S. (2011): Joint segmentation, calling, and normalization of multiple CGH profiles. *Biostat.*, 12(3), pp. 413-428.
- Rodríguez, R.; Barriendos, M.; Jones, P.D.; Martín-Vide, J. y Peña, J.C. (2001): Long pressure series for Barcelona (Spain). Daily reconstruction and monthly homogenization, *Int. J. Clim.*, 21, 13, pp. 1693-1704.
- Venema, V.; Mestre O.; Aguilar, E.; Auer, I.; Guijarro, J.A.; Domonkos, P.; Vertacnik, G.; Stepanek, P.; Zahradnick, P.; Viarre, J.; Müller-Westermeier, G.; Szentimrey, T.; Lakatos, M.; Williams, C.N.; Menne, M.; Lindau, R.; Rasol, D.; Rustemeier, E.; Kolokythas, K.; Marinova, T.; Andresen, L.; Acquafredda, F.; Fratianni, S.; Cheval, S.; Klancar, M.; Brunetti, M.; Gruber, C.; Prohom, M.; Likso, T.; Esteban, P. y Brandsma, T. (2012): Benchmarking homogenization algorithms for monthly data. *Clim. Past Discuss.*, 8, pp. 89-115.
- Vincent, L. A.; Zhang, X.; Bonsal, B.R. y W. D. Hogg (2002): Homogenization of daily temperatures over Canada. *J. Climate*, 15, pp. 1322-1334.

